

## PATENT OFFICE JAPANESE GOVERNMENT

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this office.

Date of Application: August 28, 2002

Application Number: Patent 2002-249113

Applicant(s): Honda Giken Kogyo Kabushiki Kaisha

(SEAL)

January 21, 2003

Commissioner, Patent Office: Shinichiro OHTA

No. 2003-3000393

P2002-249113

[Document]	Patent Application	
[Docket Number]	11445	
[Filing Date]	August 28, 2002	
[Recipient]	Patent Office Administrator	
[IPC]	F16C 17/00	
	F16C 39/00	
[Inventor]		
[Address]	c/o Kabushiki Kaisha Honda Gijutsu Kenkyusho, 4-1, Chuo 1-chome, Wako-shi, Saitama-ken	
[Name]	Minoru MATSUNAGA	
[Applicant]		
[Identification Number]	000005326	
[Address]	1-1, Minami-Aoyama 2-chome, Minato-ku, Tokyo	
[Name]	Honda Giken Kogyo Kabushiki Kaisha	
[Attorney]		
[Identification Number]	100089266	
[Patent Attorney]		
[Name]	Yoichi OSHIMA	
[Official Fee]		
[Deposit Number]	047902	
[Paid Amount]	¥21,000	
[List of Attached Documents]		
[Document]	Specification	1
[Document]	Drawing	1
[Document]	Abstract of Disclosure	1
[General Power of Attorney]	9715829	
[Proofing Copy]	Needed	

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 8月28日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-249113

[ ST.10/C ]:

[ JP 2002-249113 ]

出 願 人

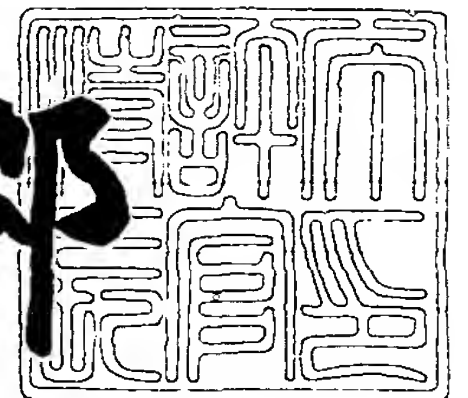
Applicant(s):

本田技研工業株式会社

2003年 1月21日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3000393

【書類名】 特許願  
 【整理番号】 11445  
 【提出日】 平成14年 8月28日  
 【あて先】 特許庁長官 殿  
 【国際特許分類】 F16C 17/00  
 F16C 39/00

【発明者】  
 【住所又は居所】 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社 本田技術  
 研究所内  
 【氏名】 松永 稔  
 【特許出願人】  
 【識別番号】 000005326  
 【住所又は居所】 東京都港区南青山二丁目1番1号  
 【氏名又は名称】 本田技研工業株式会社  
 【代理人】  
 【識別番号】 100089266  
 【弁理士】  
 【氏名又は名称】 大島 陽一  
 【手数料の表示】  
 【予納台帳番号】 047902  
 【納付金額】 21,000円  
 【提出物件の目録】  
 【物件名】 明細書 1  
 【物件名】 図面 1  
 【物件名】 要約書 1  
 【包括委任状番号】 9715829  
 【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 フォイル軸受け

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 軸線を中心として回転する回転体を支持するフォイル軸受けであって、

前記回転体との間に空隙が形成されるように前記回転体から離間して配置された静止保持部材と、

前記軸線を中心に回転可能に設けられた可動部材と、

前記回転体が回転する際前記回転体を流体膜層を介して支持するべく前記回転体と前記静止保持部材との間の前記空隙に配置された第 1 フォイルと、  
を備え、

前記第 1 フォイルは概ね周方向に延在する部分を有し、該周方向延在部分に第 1 磁石が設けられ、

前記可動部材に第 2 磁石が設けられ、該第 2 磁石と前記第 1 磁石との間に働く磁力によって前記第 1 フォイルを前記回転体へ向かって付勢することが可能となっており、

前記可動部材を前記軸線を中心として回転させ前記第 1 磁石と前記第 2 磁石の周方向相対位置を変えることで前記磁力の大きさを調整することが可能であることを特徴とするフォイル軸受け。

【請求項 2】 複数の前記第 1 フォイルを有し、これら複数の第 1 フォイルは前記回転体の周方向に配列されており、そのうちの少なくとも 1 つに前記第 1 磁石が設けられていることを特徴とする請求項 1 に記載のフォイル軸受け。

【請求項 3】 前記複数の第 1 フォイルの各々に前記第 1 磁石が設けられていることを特徴とする請求項 2 に記載のフォイル軸受け。

【請求項 4】 前記可動部材に複数の前記第 2 磁石が設けられており、これら第 2 磁石の磁力が均一ではないことを特徴とする請求項 3 に記載のフォイル軸受け。

【請求項 5】 前記複数の第 1 フォイルに設けられた前記第 1 磁石の磁力が均一ではないことを特徴とする請求項 3 に記載のフォイル軸受け。

【請求項 6】 前記複数の第 1 フォイルの隣り合うものの間の間隔が不均一であることを特徴とする請求項 2 に記載のフォイル軸受け。

【請求項 7】 前記回転体が概ね円柱状の部分を有するシャフトからなり、前記静止保持部材は前記シャフトを外囲し、該シャフトの前記円柱状部分の円柱面との間に環状の前記空隙を形成していることを特徴とする請求項 1 に記載のフォイル軸受け。

【請求項 8】 前記シャフトはガスタービンエンジンのロータシャフトからなり、当該フォイル軸受けは前記ガスタービンエンジンのロータシャフトのジャーナル軸受けを成していることを特徴とする請求項 7 に記載のフォイル軸受け。

【請求項 9】 複数の前記第 1 フォイルを有し、これら複数の第 1 フォイルは前記シャフトの周方向に配列されており、前記複数の第 1 フォイルと前記シャフトとの間に、周方向に延在して概ね円筒形をなす第 2 フォイルが配置されていることを特徴とする請求項 7 に記載のフォイル軸受け。

【請求項 10】 前記第 1 フォイルが、周方向に延在して概ね円筒形をなす単一の部材からなることを特徴とする請求項 7 に記載のフォイル軸受け。

【請求項 11】 前記回転体が概ね円盤状の部材からなり、前記静止保持部材は前記円盤状部材の平坦面との間に前記空隙を形成していることを特徴とする請求項 1 に記載のフォイル軸受け。

【請求項 12】 前記円盤状部はガスタービンエンジンのロータシャフトに一体的に設けられており、当該フォイル軸受けは前記ガスタービンエンジンのロータシャフトのスラスト軸受けを構成していることを特徴とする請求項 11 に記載のフォイル軸受け。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、フォイル軸受けに関する。特に、マイクロガスタービン発電機のロータシャフト用のジャーナル軸受けまたはスラスト軸受けとして用いることが可能なフォイル軸受けに関する。

【0002】

## 【従来の技術】

従来、回転するロータシャフトの軸受けとして、フォイル軸受けを用いることが知られている。フォイル軸受けは、通常、ロータシャフトの周囲を取り囲むハウジングを有し、ロータシャフトとハウジングとの間に周方向に配列され且つハウジングに片持ち梁式に固定され遊端がロータシャフトに向かって付勢された可撓性を有する一連のフォイルが設けられている。ロータシャフトが回転すると、ロータシャフトとフォイルとの間に例えば大気などの流体が引き込まれ、ロータシャフトの外面とフォイルとの間に流体膜層が形成され、それによってロータシャフトは低摩擦で回転することができる。このようにロータシャフトの回転によって流体膜層を形成し、それによりロータシャフトの荷重を支えるようなフォイル軸受けを動圧フォイル軸受けということもある。

## 【0003】

このようなフォイル軸受けでは、スタートまたは停止時のようにロータシャフト回転速度が低いときと、ロータシャフトの回転速度が高いときとで、ロータシャフトとフォイルとの間に形成される流体膜層の特性が異なるため、いずれにおいても安定した回転を達成するためには、ロータシャフトの回転速度に応じてロータシャフトに対するフォイルの予荷重が調節可能であることが望ましい。

## 【0004】

米国特許第4, 445, 792号明細書（特許文献1）には、そのようなフォイルの予荷重が調節可能なフォイル軸受けが開示されている。このフォイル軸受けは、ロータシャフトの周囲を取り囲むハウジングと、ロータシャフトの周囲に沿って配列されるように前記ハウジングに回転可能に支持された、各々被駆動部を有する複数のフォイルマウントとを有し、各フォイルマウントは対応するフォイルを片持ち梁式に固定している。更に、ハウジングの外側にはハウジングに対して回転可能な駆動部（リングギア）が設けられ、この駆動部は各フォイルマウントの被駆動部と係合しており、それにより、駆動部を回転することでフォイルマウントを同時に回転させ、フォイルの予荷重を調節することが可能となっている。

## 【0005】

しかしながら、このようなフォイル軸受けでは、ロータシャフトに対するフォイルの予荷重はフォイル自体の弾性によってなされているため、その調整範囲を大きくとることが困難であるとともに、片持ち梁支持されたフォイルの付け根部分に過大な荷重がかかりやすいという問題があった。

【 0 0 0 6 】

他の公知技術として、特許文献2（米国特許第3、893、733号明細書）には、フォイルの剛性を高めるためフォイルに摺動可能に接触するフォイル支持部材（foil supports）を用いることが開示されている。また、特許文献3（米国特許第4、178、046号明細書）には、フォイル軸受けにおいて、各フォイルをその中間部分にて支持することが開示されている。特許文献4（米国特許第4、128、280号明細書）には軸受けに磁石を用いた様々な磁気浮上式エアベアリングが開示されている。更に、特許文献5（特開平10-292818号公報）には、動圧気体軸受けを低回転時等に補助するものとしてスラスト磁気軸受けを用いることが開示されている。

【 0 0 0 7 】

【特許文献1】

米国特許第4、445、792号明細書（第2-4コラム、第1図）

【特許文献2】

米国特許第3、893、733号明細書（第2-3コラム、第1-7図）

【特許文献3】

米国特許第4、178、046号明細書（第3-4コラム、第1-3図）

【特許文献4】

米国特許第4、128、280号明細書（第3-10コラム、第1-10図）

【特許文献5】

特開平10-292818号公報（第2-3頁、第1図）

【 0 0 0 8 】



## 【発明が解決しようとする課題】

本発明は上記したような従来技術の問題点を解決するためのものであり、本発明の主な目的は、低速／高速回転域の両方においてロータシャフトなどの回転体の安定した回転を実現するべく回転体に対するフォイルの予荷重またはフォイルの剛性を広い範囲で調節可能であり、且つ、フォイルの一部に過大な負荷がかかるのを避けることが可能なフォイル軸受けを提供することである。

## 【0009】

本発明の第2の目的は、そのようなフォイル軸受けを単純な構造で低コストに提供することである。

## 【0010】

## 【課題を解決するための手段】

前記目的を達成するため本発明に基づくと、軸線を中心として回転する回転体を支持するフォイル軸受けであって、回転体との間に空隙が形成されるように回転体から離間して配置された静止保持部材と、前記した軸線を中心に回転可能に設けられた可動部材と、回転体が回転する際回転体を流体膜層を介して支持するべく回転体と静止保持部材との間の空隙に配置された第1フォイルと、を備え、第1フォイルは概ね周方向に延在する部分を有し、該周方向延在部分に第1磁石が設けられ、可動部材に第2磁石が設けられ、これら第2磁石と第1磁石との間に働く磁力によって第1フォイルを回転体へ向かって付勢することが可能となっており、可動部材を軸線を中心として回転させ第1磁石と第2磁石の周方向相対位置を変えることで磁力の大きさを調整することが可能であることを特徴とするフォイル軸受けが提供される。

## 【0011】

このように、可動部材に設けた磁石とフォイルの周方向延在部分に設けた磁石との間の相互作用によりフォイルを回転体に向けて付勢することができ、また、可動部材を回転させてフォイルに対する相対位置を変えることで、フォイルに働く付勢力の大きさを調整することが可能である。これにより、例えば本発明をガスタービンエンジンのジャーナル軸受けやスラスト軸受けに用いた場合、ガスタービンエンジンの回転速度に応じて可動部材の角度位置を制御することで、回転

速度に応じた適切な付勢力（予荷重）を与えて、低速回転域から高速回転域まで広い範囲で良好な軸受け特性を実現することができる。また付勢力はフォイルの周方向延在部分に働くため、フォイルの付け根部分に過大な荷重が集中するのを防止することができる。

#### 【 0 0 1 2 】

複数の第1フォイルを有し、これら複数の第1フォイルが回転体の周方向に配列されている場合、そのうちの少なくとも1つに第1磁石を設けることができる。例えば回転体としてロータシャフトを用いる場合、ロータシャフトの下方に位置し、ロータシャフトの重量の影響を受ける第1フォイルにのみ第1磁石を設けてもよい。複数の第1フォイルの各々に第1磁石を設けてもよい。

#### 【 0 0 1 3 】

複数の第1フォイルを有する場合において、可動部材に複数の第2磁石を設ける場合、これら第2磁石の磁力が均一ではないようにしてもよい。例えば回転体としてロータシャフトを用いる場合、ロータシャフトの下方に位置する第1フォイルに関連する第2磁石を、ロータシャフトの上方に位置する第1フォイルに関連する第2磁石より強くすることにより、ロータシャフトの重みの影響を補償することができる。別の方法として又はそれに加えて、複数の第1フォイルに設けられた第1磁石の磁力が均一でないようにすることも可能である。複数の第1フォイルの隣り合うものの間の間隔が不均一であるようにしてもよい。

#### 【 0 0 1 4 】

本発明の一実施例によると、回転体は概ね円柱状の部分を有するシャフトからなり、静止保持部材はシャフトを外囲し、該シャフトの円柱状部分の円柱面との間に環状の空隙を形成するものとすることができる。この場合、シャフトを例えばガスタービンエンジンのロータシャフトとすることにより、当該フォイル軸受けがガスタービンエンジンのロータシャフトのジャーナル軸受けを成すものとするることができる。

#### 【 0 0 1 5 】

複数の第1フォイルを有し、これら複数の第1フォイルが回転体としてのシャフトの周方向に配列されている場合、複数の第1フォイルとシャフトとの間に、

周方向に延在して概ね円筒形をなす第2フォイル（トップフォイル）を配置してもよい。或いは、複数の第1フォイルを用いる代わりに単一のトップフォイルを用い、トップフォイルに第1磁石を設けてもよい（この場合、トップフォイルが第1フォイルとして働くということもできる）。

## 【 0 0 1 6 】

本発明の別の実施例によると、回転体は概ね円盤状の部材からなり、静止保持部材は円盤状部材の平坦面との間に空隙を形成するものとすることができる。この場合、例えば円盤状部がガスタービンエンジンのロータシャフトに一体的に設けられるようにすることにより、当該フォイル軸受けがガスタービンエンジンのロータシャフトのスラスト軸受けを構成するようにすることができる。

## 【 0 0 1 7 】

本発明の特徴、目的及び作用効果は、添付図面を参照しつつ好適実施例について説明することにより一層明らかとなるだろう。

## 【 0 0 1 8 】

## 【発明の実施の形態】

以下、本発明の好適実施例について図面を参照して説明する。

## 【 0 0 1 9 】

図1は、本発明が適用されたマイクロガスタービン発電機を示す縦方向断面図である。このマイクロガスタービン発電機は、動力源としてのガスタービンエンジンと、ガスタービンエンジンによって駆動される発電機とを有する。ガスタービンエンジンは、発電機から離れた側の端部が閉じた環状の主ハウジング1と、主ハウジング1の開放端に取り付けられた端部プレート2と、主ハウジング1内に同軸的に受容され燃焼室4を画定する環状の内側ハウジング3と、燃焼室4内へと突入するノズル端を各々有する複数の燃料インジェクタ5とを含む。

## 【 0 0 2 0 】

発電機は、円筒状の主ハウジング6と、主ハウジング6の各端に取り付けられた一对の端部プレート7、8とを有する。主ハウジング6内にはステータコイル9が同軸的に受容されている。ガスタービンエンジン側の端部プレート7は、中心部においてガスタービンエンジン側に向かって延在する管状延出部10を有す

る。また、この端部プレート 7 は、ガスタービンエンジンの対向する端部プレート 2 に複数のステイ 1 1 によって連結されている。

#### 【 0 0 2 1 】

更に、ガスタービンエンジンは、コンプレッサホイール 1 3 及びタービンホイール 1 4 が設けられたロータシャフト 1 2 を備えている。コンプレッサホイール 1 3 及びタービンホイール 1 4 は、それぞれ、複数のコンプレッサブレード及びタービンブレードを含んでいる。この実施例では、ロータシャフト 1 2 はセラミック材料からなり、コンプレッサホイール 1 3 及びタービンホイール 1 4 が一体的に単一の部品として形成されている。別の方法として、ロータシャフト 1 2 を、同じ材料または異なる材料からなる複数の部品を組み合わせてアセンブリとして形成することもできる。タービンブレードの材料はセラミックなどの耐熱性に優れたものが好ましく、導電性を有していても絶縁されていてもよい。材料の選択はガスタービンエンジンの特定の構成及び仕様に基づいてなされる。このマイクロガスタービンエンジンの軸線方向長さは約 1 0 c m である。

#### 【 0 0 2 2 】

コンプレッサホイール 1 3 は、端部プレート 2 の一部によって形成されたシュラウド 1 5 とともに放射状のコンプレッサ部を形成する。コンプレッサ部の入口端は発電機に向いて軸線方向に開いている。コンプレッサ部の出口端は、ディフューザ 1 7 及び周方向に配列された複数のステータベーン 1 8 を介して、主ハウジング 1 と内側ハウジング 3 との間に定められた空隙に連通している。

#### 【 0 0 2 3 】

タービンホイール 1 4 は、主ハウジング 1 の一部によって形成されたタービンケーシング 1 6 とともに放射状のタービン部を形成する。タービン部の入口端は、入口ノズル 1 9 を介して燃焼室 4 の出口端に連通している。この例では、燃焼室 4 はタービン部の入口端から軸線方向に発電機から離れる向きに延在している。タービン部の出口端は発電機から離反する向きに開口している。

#### 【 0 0 2 4 】

ロータシャフト 1 2 は、軸線方向に一体的に延出し発電機の中を通る発電機シャフト 2 0 を更に有する。発電機シャフト 2 0 には永久磁石片 2 1 が設けられ

、ステータコイル 9 とともに発電機の主機能部を形成している。

【 0 0 2 5 】

ロータシャフト 1 2 の端部にはスラスト軸受け 2 2 が設けられている。また、端部プレート 7、8 内には本発明に基づくジャーナル軸受け 2 3、2 4 が設けられ、ロータシャフト 1 2 を 2 箇所回転可能に支持している。

【 0 0 2 6 】

図 2 は、図 1 のライン I I - I I に沿った断面図であり、ジャーナル軸受け 2 3 をより詳細に示している。なお、本図において端部プレート 7 は図示を省略した。また、ジャーナル軸受け 2 4 はジャーナル軸受け 2 3 と同一の構造とすることができる。このジャーナル軸受け 2 3 は、回転体としてのロータシャフト 1 2 (または発電機シャフト 2 0) の外周との間に空隙を成すようにロータシャフト 1 2 を外囲する環状の静止保持部材 2 5 と、ロータシャフト 1 2 と静止保持部材 2 5 の間の空隙に配置された第 1 フォイルとして働く複数のフォイル 2 6 と、静止保持部材 2 5 を外囲しロータシャフト 1 2 と同じ軸線を中心に静止保持部材 2 5 に対して回転可能に設けられた環状の可動部材 2 7 と、可動部材 2 7 を回転操作するべく可動部材 2 7 に取り付けられた操作バー 2 8 とを有する。静止保持部材 2 5 は適切な手段により端部プレート 7 に回転しないよう固定されている。操作バー 2 8 は端部プレート 7 に設けられたスリットを貫通して径方向に延在しており、図示しない適切な制御手段により、例えばガスタービンエンジンの回転速度に応じて自動的に制御することができる。

【 0 0 2 7 】

各フォイル 2 6 は金属などの可撓性を有する材料からなり、一端が静止保持部材 2 5 の内面に設けられた対応する溝 2 9 に固着され、この固着部に近接した箇所において曲げられて主要部分がロータシャフト 1 2 の外周に概ね沿って周方向に延在している。図示した例では、1 つのフォイル 2 6 の一部が隣接するフォイル 2 6 の一部に重なっているが、重ならないようにすることもできる。各フォイル 2 6 を折り曲げることで、それ自体の弾性により各フォイル 2 6 はロータシャフト 1 2 に向かって付勢される。このような構成により、ロータシャフト 1 2 が図 2 の矢印で示した方向に回転するとフォイル 2 6 とロータシャフト 1 2 の間に



例えば大気などの流体が引き込まれ、ロータシャフト 1 2 を低摩擦に支持することができる。

#### 【 0 0 2 8 】

図 3 は、本発明に基づくジャーナル軸受け 2 3 の一実施例の詳細な構造を示す図 2 の部分拡大図である。図 4 に合わせて示すように、各フイル 2 6 の周方向延在部分の外面概ね全体に S 極、N 極が周方向に並んで配置されるように磁石（第 1 磁石）3 0 が設けられている。これはフイル 2 6 自体を磁性体材料で形成しそれを適切に磁化したり、あるいは、板状の磁石をフイル 2 6 の一面に適切な方法で取着することにより実現することができる。この実施例では隣接するフイル 2 6 で磁極の向きが逆となっており、重なり合う部分が同じ極性となるようになっている。これによって、フイル 2 6 全体として N 極と S 極が周方向に交互に配置されている。更に、可動部材 2 7 にも周方向に交互に N 極、S 極が並ぶように複数の磁石（第 2 磁石）3 1 が設けられている。これも、可動部材 2 7 自体を磁性体で形成し適切に磁化したり、板状の磁石を可動部材の内面に取着することで実現することができる。可動部材 2 7 に設けられる磁石 3 1 の磁極の周方向ピッチ（角度）は、フイル 2 6 に設けられた磁石 3 0 によって形成される磁極の周方向ピッチ（角度）と概ね同じとするとよい。なお、フイル 2 6 の内面に磁石を設けることも可能であるが、外面に設けた場合と比べると可動部材 2 7 に設けた磁石 3 1 から離れる分だけ相互作用が弱まる。

#### 【 0 0 2 9 】

図 3（a）に示した状態では、フイル 2 6 に設けられた磁石 3 0 と可動部材 2 7 に設けられた磁石 3 1 とで、同極性の磁極が周方向に整合しており、その結果互いに反発力を及ぼし合う。これにより、各フイル 2 6 はロータシャフト 1 2 の外周面に向けてより強く付勢される。これは実質的に各フイル 2 6 の剛性を高くしたのと同様である。

#### 【 0 0 3 0 】

一方、図 3（b）に示した状態では、可動部材 2 7 が静止保持部材 2 5 及びフイル 2 6 に対して回転され（図では反時計回り）、その結果可動部材 2 7 の磁石 3 1 の各磁極（例えば S 極）はフイル 2 6 の磁石 3 0 の両磁極（N 極、S 極

）と周方向に重なって、吸引力と反発力が共に生成され互いに打ち消し合うため、トータルとしては可動部材 2 7 とフォイル 2 6 との間に磁力による付勢力は概ね働かない。

#### 【 0 0 3 1 】

このように、本発明の上記実施例によれば、可動部材 2 7 に設けた磁石 3 1 と各フォイル 2 6 の周方向延在部分に設けた磁石 3 0 との間の相互作用によりフォイル 2 6 をロータシャフト 1 2 に向けて付勢することができ、また、可動部材 2 7 を回転させてフォイル 2 6 に対する相対位置を変えることで、フォイル 2 6 に働く付勢力の大きさを調整することが可能である。これにより、例えばガスタービンエンジンの回転速度に応じて可動部材 2 7 の角度位置を制御することで、回転速度に応じた適切な付勢力（予荷重）を与えて、低速回転域から高速回転域まで広い範囲で良好な軸受け特性を実現することができる。また付勢力はフォイル 2 6 の周方向延在部分に働くため、フォイル 2 6 の付け根部分（曲折部分）に過大な荷重が集中するのを防止することができる。

#### 【 0 0 3 2 】

図 5 は、本発明に基づくジャーナル軸受けの別の実施例を示す図 3 と同様の部分拡大図である。本図において図 3 と同様の部分は同じ参照符号で示す。このジャーナル軸受け 2 3 a では、各フォイル 2 6 の磁石 3 0 がフォイル 2 6 の周方向延在部分の全面にではなく、一部（付け根側）にのみ設けられ、隣接するフォイル 2 6 の間で磁石 3 0 が重ならないようになっている点が図 3 の実施例と異なる。そのため、隣接するフォイル 2 6 において磁極の周方向の向きは同じとなっている。本実施例でも、可動部材 2 7 に設けられる磁石 3 1 の磁極の周方向ピッチ（角度）はフォイル 2 6 に設けられる磁石 3 0 の磁極の周方向ピッチ（角度）に概ね等しい。

#### 【 0 0 3 3 】

図 5（a）に示した状態では、図 3（a）に示した状態と同様に、フォイル 2 6 に設けられた磁石 3 0 と可動部材 2 7 に設けられた磁石 3 1 とで、同極性の磁極が周方向に整合しており、互いに反発力を及ぼし合うため、各フォイル 2 6 はロータシャフト 1 2 の外周面に向けて付勢される。

## 【 0 0 3 4 】

図 5 (b) に示した状態では、図 3 (b) に示した状態と同様に、可動部材 2 7 が回転され可動部材 2 7 の磁石 3 1 の各磁極は関連するフォイル 2 6 に設けられた磁石 3 0 の両磁極と周方向に重なって、吸引力と反発力が共に生成され互いに打ち消し合うため、トータルとしては可動部材 2 7 とフォイル 2 6 との間に磁力による付勢力は概ね働かない。このように、図 5 の実施例においても、可動部材 2 7 の位置を調整することでフォイル 2 6 をロータシャフト 1 2 へと付勢する力の大きさを変えることができる。また付勢力はフォイル 2 6 の周方向延在部分に働くため、フォイル 2 6 の付け根部分（曲折部分）に過大な負荷が集中するのを防止することができる。

## 【 0 0 3 5 】

図 6 は、本発明に基づくジャーナル軸受けの別の実施例を示す図 2 と同様の断面図である。本図において図 2 と同様の部分には同じ符号を付して詳しい説明を省略する。このジャーナル軸受け 2 3 b は、一端が静止保持部材 2 5 に保持され、ロータシャフト 1 2 のほぼ全周を外囲するよう周方向に延在する概ね円筒形状のトップフォイル（第 2 フォイル） 3 2 を有し、静止保持部材 2 5 に固定された複数のフォイル（第 1 フォイル） 2 6 はトップフォイル 3 2 を介してロータシャフト 1 2 を支持している。この実施例では、間にトップフォイル 3 2 が介在しているため、静止保持部材 2 5 とトップフォイル 3 2 の間の空隙に設けられた各フォイル 2 6 はその付け根部分からロータシャフト 1 2 の回転方向と逆向きに延在している。また、隣接するフォイル 2 6 同士は重なっていない。トップフォイル 3 2 を設けることによって、トップフォイル 3 2 とフォイル 2 6 との間に発生する摩擦力がクーロン減衰力として作用し、より安定したロータシャフト 1 2 の回転を実現することができる。

## 【 0 0 3 6 】

図 7 は、図 6 に示したジャーナル軸受け 2 3 b をより詳細に示す部分断面図である。図 3 及び図 5 に示した実施例と同様に、静止保持部材 2 5 とトップフォイル 3 2 との間の空隙に設けられた各フォイル 2 6 には N 極、S 極が周方向に配列されるように磁石 3 0 が設けられている。また、静止保持部材 2 5 の外側におい



て回転可能に設けられた可動部材 2 7 にも N 極、S 極が交互に配列されるように複数の磁石 3 1 が設けられている。これにより、上記実施例について説明したのと同様に、図 7 (a) に示す状態においては各フォイル 2 6 をトップフォイル 3 2 へと付勢する力（即ちトップフォイルの径を小さくしようとする力）が働き、図 7 (b) に示す状態においては磁力による付勢力は概ね働かない。このように、本発明はトップフォイル 3 2 を用いた実施例においても適用することができる

#### 【 0 0 3 7 】

図 8 は、本発明に基づくジャーナル軸受けの別の実施例を示す図 2 と同様の断面図である。本図において図 2 と同様の部分には同じ符号を付して詳しい説明を省略する。このジャーナル軸受け 2 3 c は、一端が静止保持部材 2 5 に保持され、ロータシャフト 1 2 のほぼ全周を外囲するよう周方向に延在する概ね円筒形状のトップフォイル 3 2 を有しているが、トップフォイル 3 2 と静止保持部材 2 5 の間にはフォイル 2 6 が設けられていない。即ち、本実施例ではトップフォイル 3 2 が第 1 フォイルとして働く。

#### 【 0 0 3 8 】

図 9 は、図 8 に示したジャーナル軸受け 2 3 c をより詳細に示す部分断面図である。図示されているように、トップフォイル 3 2 の外面に N 極と S 極が交互に配列されるように複数の磁石 3 3 が設けられている。また、可動部材 2 7 にはトップフォイル 3 2 と同じ角度ピッチで磁極が配列されるように磁石 3 1 が設けられている。これにより、図 9 (a) に示す状態では、トップフォイル 3 2 の磁石 3 3 と可動部材 2 7 の磁石 3 1 との間に働く磁力（反発力）によってトップフォイル 3 2 はロータシャフト 1 2 に向けて付勢され、図 9 (b) に示す状態では磁力によるそのような付勢力は概ね働かない。このように、トップフォイル 3 2 のみを用いた実施例にも本発明を適用し、可動部材 2 7 の位置を調整することでトップフォイル 3 2 をロータシャフト 1 2 へ向けて付勢する力の大きさを変えることができる。また、このような付勢力はトップフォイル 3 2 の全体に働くため、局所的に力が過度に集中するのを防止することができる。

#### 【 0 0 3 9 】

図 1 0 は、図 1 と同様の断面図であるが、図 1 0 のガスタービン発電機では、スラスト軸受けに本発明を適用した点が図 1 のものと異なる。図 1 0 に示すように、このスラスト軸受け 2 2 a は、ロータシャフト 1 2 の軸端に一体的に設けられた円盤状部 3 5 を軸線方向に挟んで両側に位置する一対の静止保持部材 3 6、3 7 を含む。即ち、この実施例では円盤状部 3 5 が回転体として働くということが出来る。一方の静止保持部材 3 6 は端部プレート 8 に固定され、他方の静止保持部材 3 7 は端部プレート 8 に固定されたカバー 3 8 内に固定されている。図 1 0 では図示していないが、各静止保持部材 3 6、3 7 と円盤状部 3 5 との間には複数のフォイル 3 9 が周方向に配列して設けられ、円盤状部 3 5 の平坦面（軸線方向に向いた面）に当接している（図 1 1 参照）。更に、静止保持部材 3 6、3 7 の円盤状部 3 5 から離反する側には可動部材 4 0、4 1 がロータシャフト 1 2 と同じ（即ち円盤状部 3 5 と同じ）軸線を中心に回転可能に配置されている。可動部材 4 0、4 1 の外周からは操作バー 4 2 が径方向に突出し、端部プレート 8 及びカバー 3 8 に設けられたスロットを通して延在している。操作バー 4 2 は図示しない適切な制御装置によって制御され、例えばガスタービンエンジンの回転速度などに応じて可動部材 4 0、4 1 の角度位置を変えることができるようになっている。

#### 【 0 0 4 0 】

図 1 1 は、図 1 0 に示したスラスト軸受け 2 2 a をより詳細に示すための、スラスト軸受け 2 2 a を周方向に沿って見た部分概念図である。図示したように、各静止保持部材 3 6、3 7 の円盤状部 3 5 に向いた面には複数のフォイル 3 9 が設けられており、フォイル軸受けを成している。各フォイル 3 9 は可撓性を有する部材からなり、その一端（基端）は静止保持部材 3 6、3 7 の対応する溝 4 3 に固定されている。各フォイル 3 9 は基端近傍で曲折され、その主要部分は矢印で示す円盤状部 3 5 の回転方向に沿って概ね周方向に延在している。この実施例では隣接するフォイル 3 9 同士は重なっておらず、周方向に互いに離間されている。こうして、ロータシャフト 1 2 の回転に伴い円盤状部 3 5 が回転すると、フォイル 3 9 と円盤状部 3 5 の間に例えば大気などの流体が引き込まれ、円盤状部 3 5 の外面（平坦面）とフォイル 3 9 との間に流体膜層が形成され、円盤状部 3

5 が低摩擦で回転することが可能となる。

【 0 0 4 1 】

この実施例においても、本発明に基づき、各ファイル 3 9 の周方向延在部分に N 極と S 極が周方向に配列されるように磁石（第 1 磁石）4 4 が設けられている。また、各可動部材 4 0、4 1 には N 極と S 極が周方向に交互に配置されるように磁石（第 2 磁石）4 5 が設けられている。この実施例では可動部材 4 0、4 1 における磁極の周方向配列ピッチとファイル 3 9 における磁極の周方向配列ピッチとが整合するように、隣接するファイル 3 9 のあいだで N 極と S 極の配列方向が逆となっている。各ファイル 3 9 における N 極及び S 極の配列方向は、隣接するファイル 3 9 間の間隔や、隣接するファイル 3 9 の一部が重なるかどうかといった具体的な設計仕様に応じて適宜決定することができる。

【 0 0 4 2 】

図 1 1 に示した状態では、可動部材 4 0、4 1 に設けられた磁石 4 5 と各ファイル 3 9 に設けられた磁石 4 4 との間に反発力が働き、その結果、ファイル 3 9 を円盤状部 3 5 に向けて付勢する力が生成される。図示は省略するが、可動部材 4 0、4 1 を周方向に回転させることにより、上記した実施例と同様に、磁力による付勢力の大きさを変えることが可能である。これにより、例えば円盤状部 3 5（即ちロータシャフト 1 2）の回転速度に応じて可動部材 4 0、4 1 を制御し、ファイル 3 9 に加えられる付勢力を調節して低速及び高速回転領域のいずれにおいても安定した軸受け特性を得ることができる。また、付勢力は各ファイル 3 9 の周方向延在部分に加えられるため、ファイル 3 9 の付け根部分にのみ過度に負荷がかかるのを防止することができる。このように、本発明はスラスト軸受けにも好適に適用することが可能である。なお、上記実施例では円盤状部 3 5 の軸線方向両側にファイル軸受けを設けたが、円盤状部 3 5 にかかる力の向きがいずれか一方であることがわかっている場合は、片側だけに設けてもよい。

【 0 0 4 3 】

図 1 2、図 1 3 は本発明の更に別の実施例を示す図 2 と同様の断面図である。これらの図において図 2 と同様の部分には同じ符号を付して詳しい説明を省略する。図 1 2 のジャーナル軸受け 2 3 d では、最下部のファイル 2 6 a の厚さが他

のフォイル 2 6 より厚く、相対的により高い剛性を有している。これは、最下部のフォイル 2 6 a には重力のためより大きな負荷がかかることから、それを補償してロータシャフト 1 2 の回転軸のずれ等を防止するためである。図 1 3 のジャーナル軸受け 2 3 e では、同様の目的のため、隣接するフォイル 2 6 の間隔が不均一となっている。即ち、ロータシャフト 1 2 の下側にはフォイル 2 6 を密に（図では 3 つ）配置し、ロータシャフト 1 2 の上側にはフォイル 2 6 を疎に（図では 1 つ）配置している。図示は省略するが、これら実施例においても、図 3 に示したようにフォイル 2 6 及び可動部材 2 7 に磁石を設けそれらの相対位置を変えることでフォイル 2 6 に与える付勢力を調節することが可能である。

#### 【 0 0 4 4 】

本発明を実施例に基づいて詳細に説明したが、これらの実施例はあくまでも例示であって本発明は実施例によって限定されるものではない。当業者であれば特許請求の範囲によって定められる本発明の技術的思想を逸脱することなく様々な変形若しくは変更が可能であることは言うまでもない。

#### 【 0 0 4 5 】

例えば、全てのフォイルに磁石を設けるのではなく、一部のフォイルにのみ設けてもよい。また、例えばロータシャフトの上側に位置するフォイルでは周方向延在部分の一部にのみ磁石を設け、重力のためより大きな負荷のかかるロータシャフトの下側のフォイルでは周方向延在部分の概ね全体に磁石を設けてもよい。各フォイルに設ける磁石の強さを異ならせてもよい。更に、各フォイルにおける N S 磁極対を 1 より多くし、例えば周方向に磁極が N S N S と配列されるようにすることも可能である。

#### 【 0 0 4 6 】

#### 【発明の効果】

以上説明したように、本発明によると、可動部材に設けた磁石とフォイルの周方向延在部分に設けた磁石との間の相互作用によりフォイルを回転体に向けて付勢することができ、また、可動部材を回転させてフォイルに対する相対位置を変えることで、フォイルに働く付勢力の大きさを調整することが可能である。これにより、例えば本発明をガスタービンエンジンのジャーナル軸受けやスラスト軸

受けに用いた場合、ガスタービンエンジンの回転速度に応じて可動部材の角度位置を制御することで、回転速度に応じた適切な付勢力（予荷重）を与えて、低速回転域から高速回転域まで広い範囲で良好な軸受け特性を実現することができる。また付勢力はフォイルの周方向延在部分に働くため、フォイルの付け根部分（曲折部分）に過大な荷重が集中するのを防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明がジャーナル軸受けに適用されたガスタービン発電機の実施例を示す縦断面図である。

【図 2】

図 1 のライン I I - I I に沿った断面図である。

【図 3】

本発明に基づくフォイル軸受けの好適実施例の詳細な構造を示す拡大断面図であり、図 3（a）と図 3（b）とでは可動部材が異なる角度位置にある。

【図 4】

図 3 に示したフォイルの周方向延在部分を示す斜視図。

【図 5】

本発明に基づくフォイル軸受けの別の実施例の詳細な構造を示す拡大断面図であり、図 5（a）と図 5（b）とでは可動部材が異なる角度位置にある。

【図 6】

本発明が適用されるフォイル軸受けの別の実施例を示す図 2 と同様の断面図。

【図 7】

図 6 に示した実施例の詳細な構造を示す拡大断面図であり、図 7（a）と図 7（b）とでは可動部材が異なる角度位置にある。

【図 8】

本発明が適用されるフォイル軸受けの別の実施例を示す図 2 と同様の断面図。

【図 9】

図 8 に示した実施例の詳細な構造を示す拡大断面図であり、図 9（a）と図 9（b）とでは可動部材が異なる角度位置にある。



【図 1 0】

本発明がスラスト軸受けに適用されたガスタービン発電機の実施例を示す縦断面図である。

【図 1 1】

図 1 0 に示したスラスト軸受けを周方向に沿って見た部分的な模式図である。

【図 1 2】

本発明が適用されるフォイル軸受けの別の実施例を示す図 2 と同様の断面図。

【図 1 3】

本発明が適用されるフォイル軸受けの別の実施例を示す図 2 と同様の断面図。

【符号の説明】

- 1 ガスタービンエンジンの主ハウジング
- 2 端部プレート
- 4 燃焼室
- 3 内側ハウジング
- 5 燃料インジェクタ
- 6 発電機の主ハウジング
- 7、8 端部プレート
- 9 スタータコイル
- 1 0 管状延出部
- 1 1 ステイ
- 1 2 ロータシャフト
- 1 3 コンプレッサホイール
- 1 4 タービンホイール
- 1 5 シュラウド
- 1 6 タービンケーシング
- 1 7 ディフューザ
- 1 8 スタータベーン
- 1 9 入口ノズル
- 2 0 発電機シャフト

- 2 1 永久磁石片
- 2 2 スラスト軸受け
- 2 2 a スラスト軸受け
- 2 3、2 4 ジャーナル軸受け
- 2 3 a ~ 2 3 e ジャーナル軸受け
- 2 5 静止保持部材

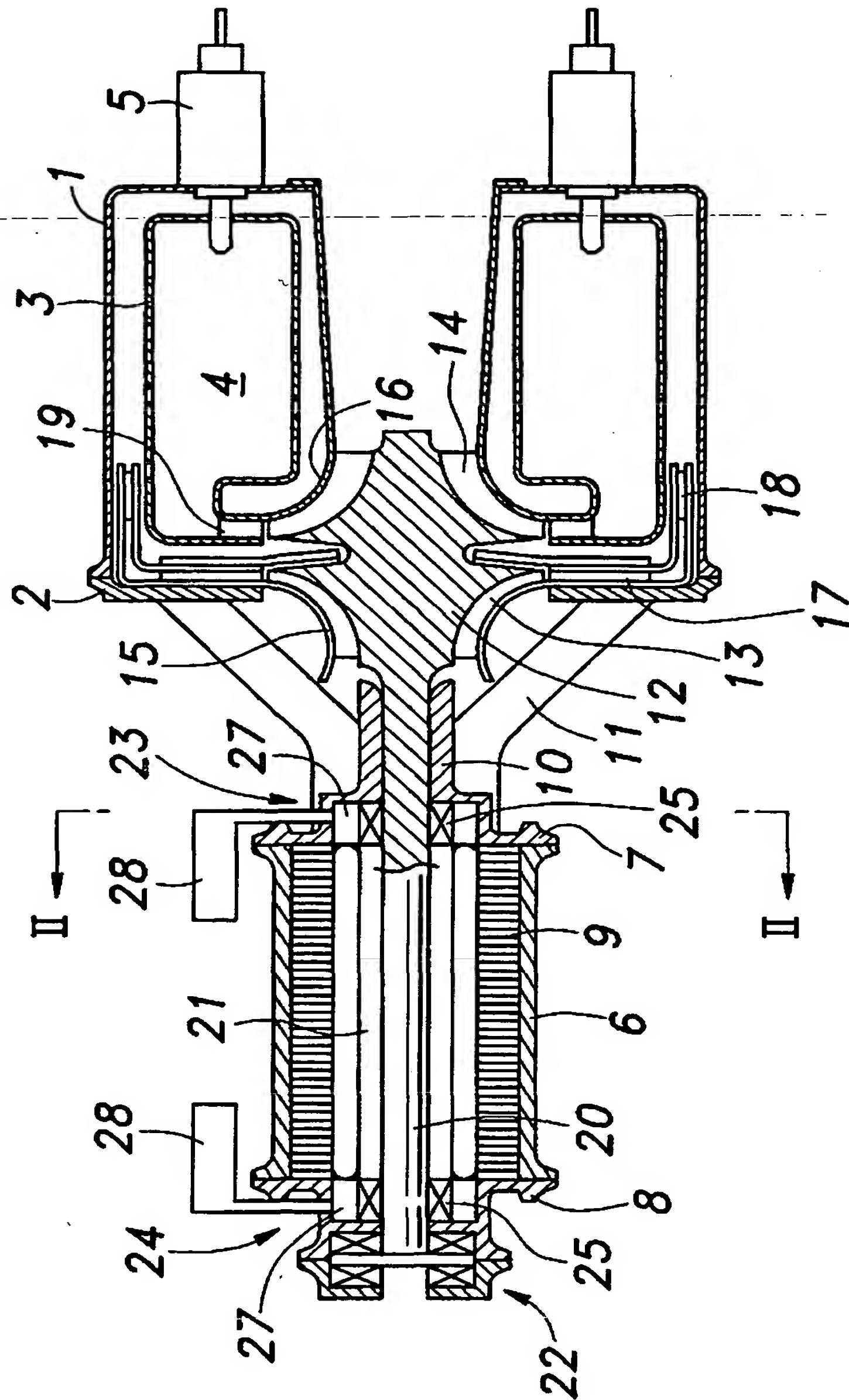
---

- 2 6 フォイル
- 2 7 可動部材
- 2 8 操作バー
- 2 9 溝
- 3 0 磁石 (第 1 磁石)
- 3 1 磁石 (第 2 磁石)
- 3 2 トップフォイル (第 2 フォイル)
- 3 5 円盤状部
- 3 6、3 7 静止保持部材
- 3 8 カバー
- 3 9 フォイル
- 4 0、4 1 可動部材
- 4 2 操作バー
- 4 3 溝
- 4 4 磁石
- 4 5 磁石

【書類名】

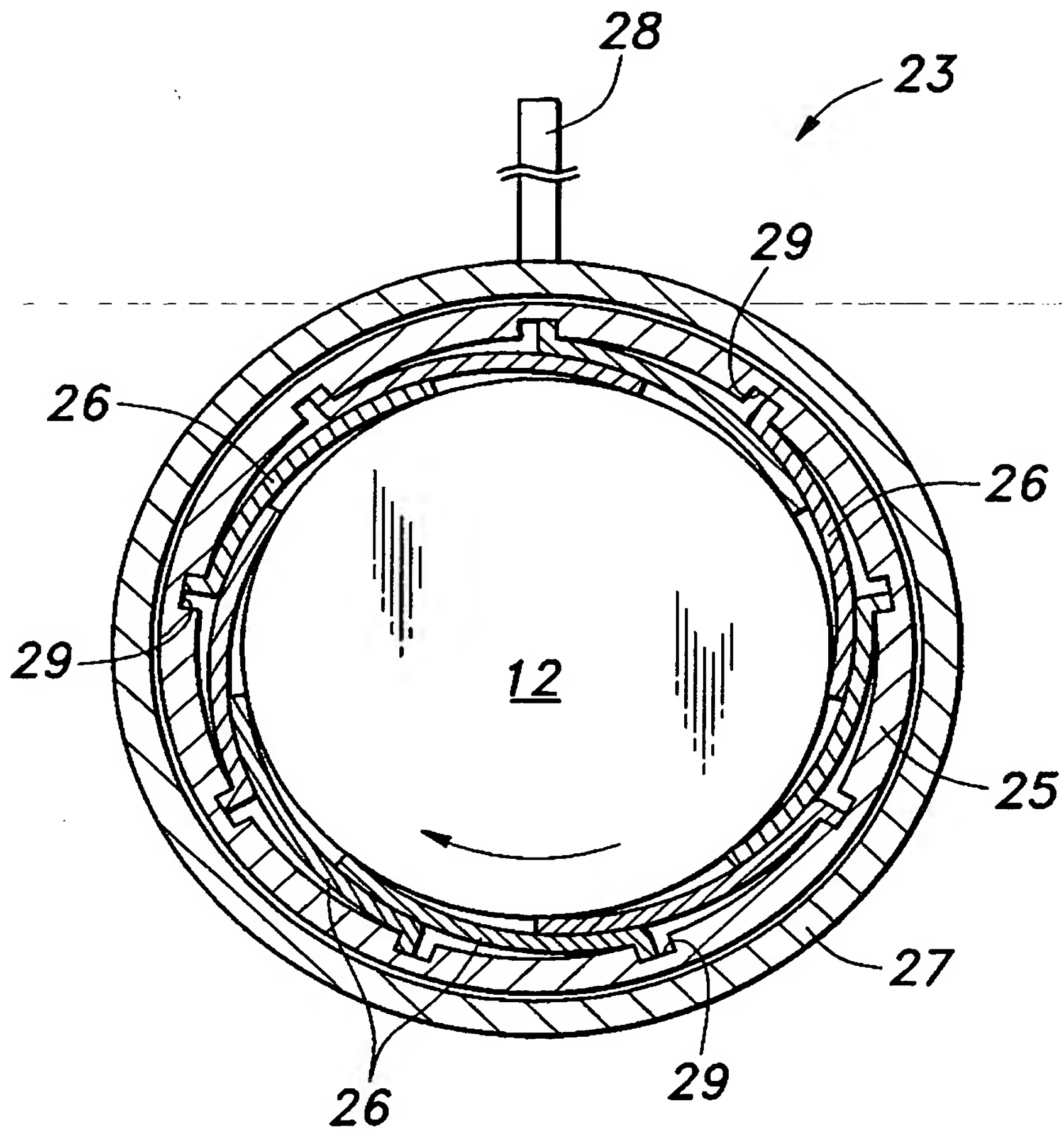
図面

【図 1】

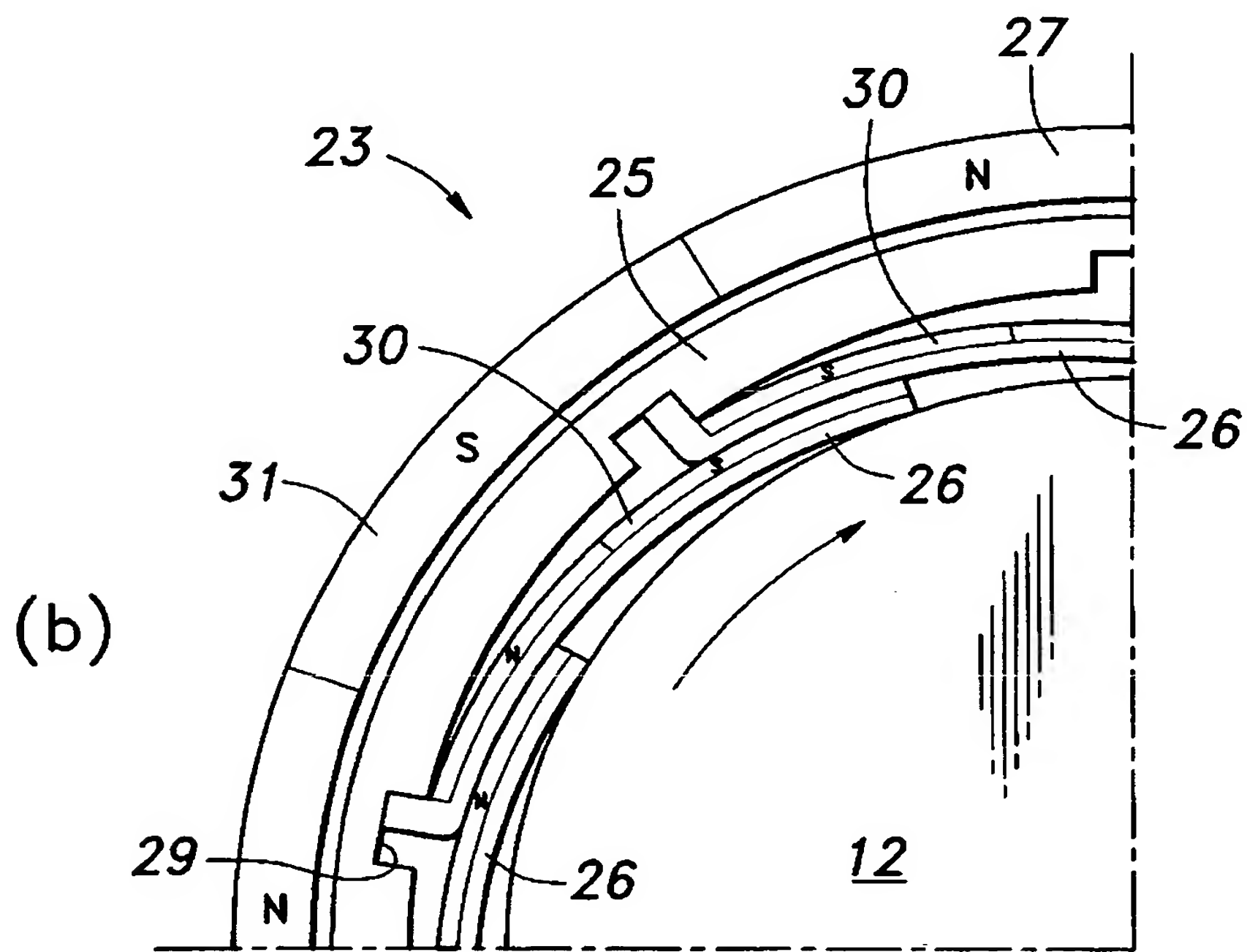
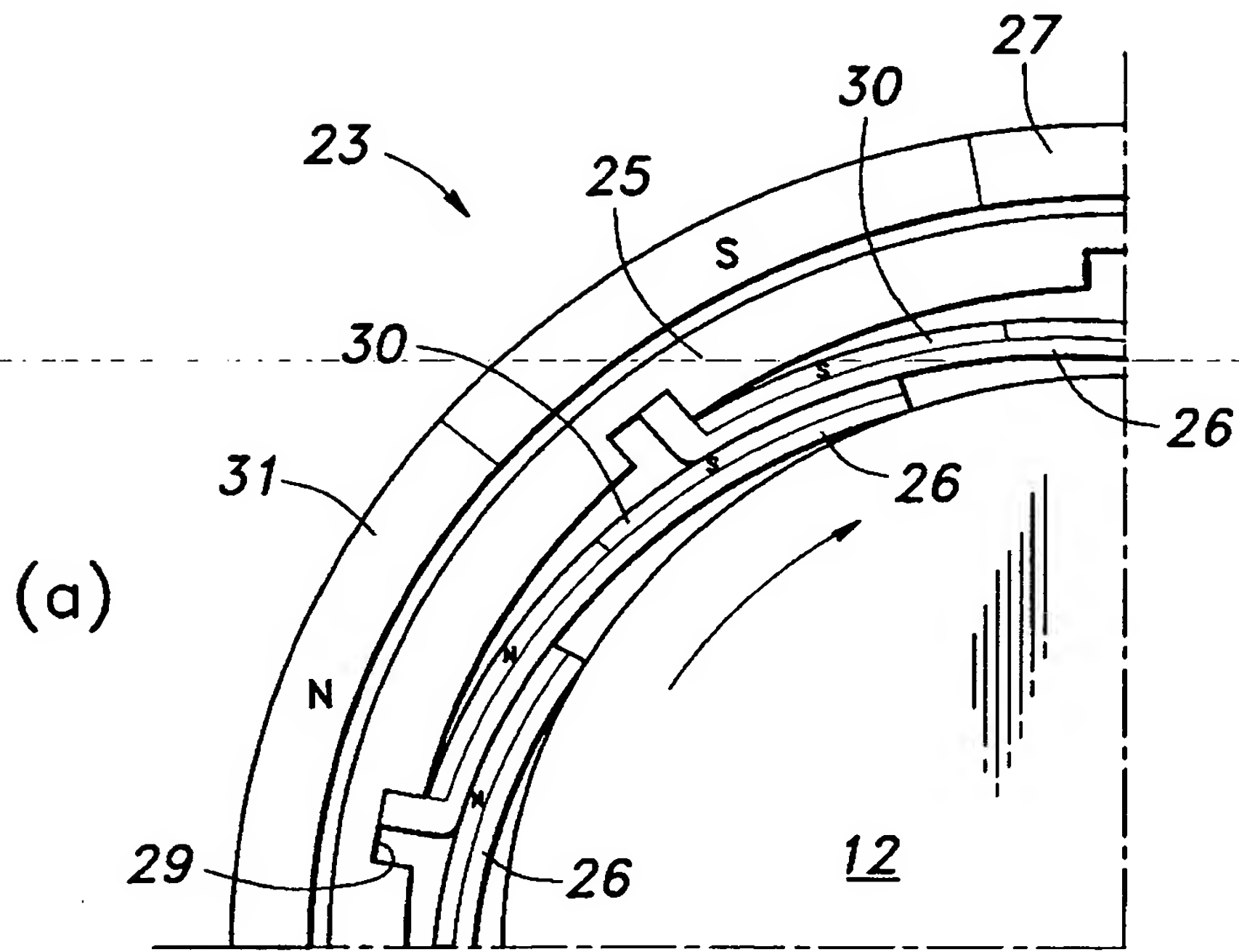




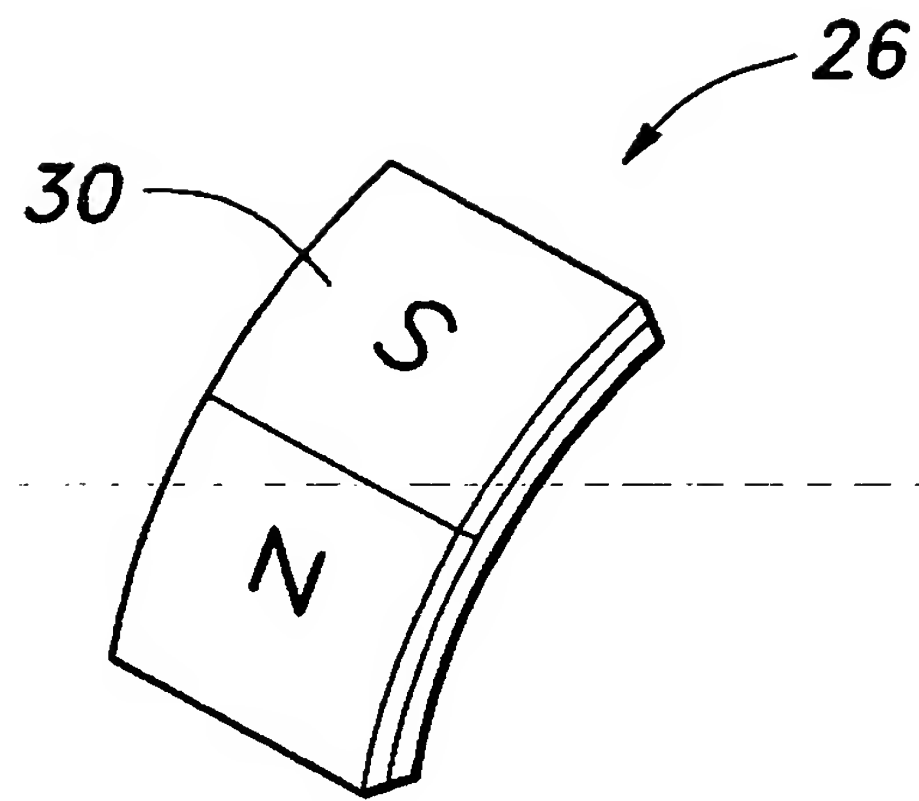
【図 2】



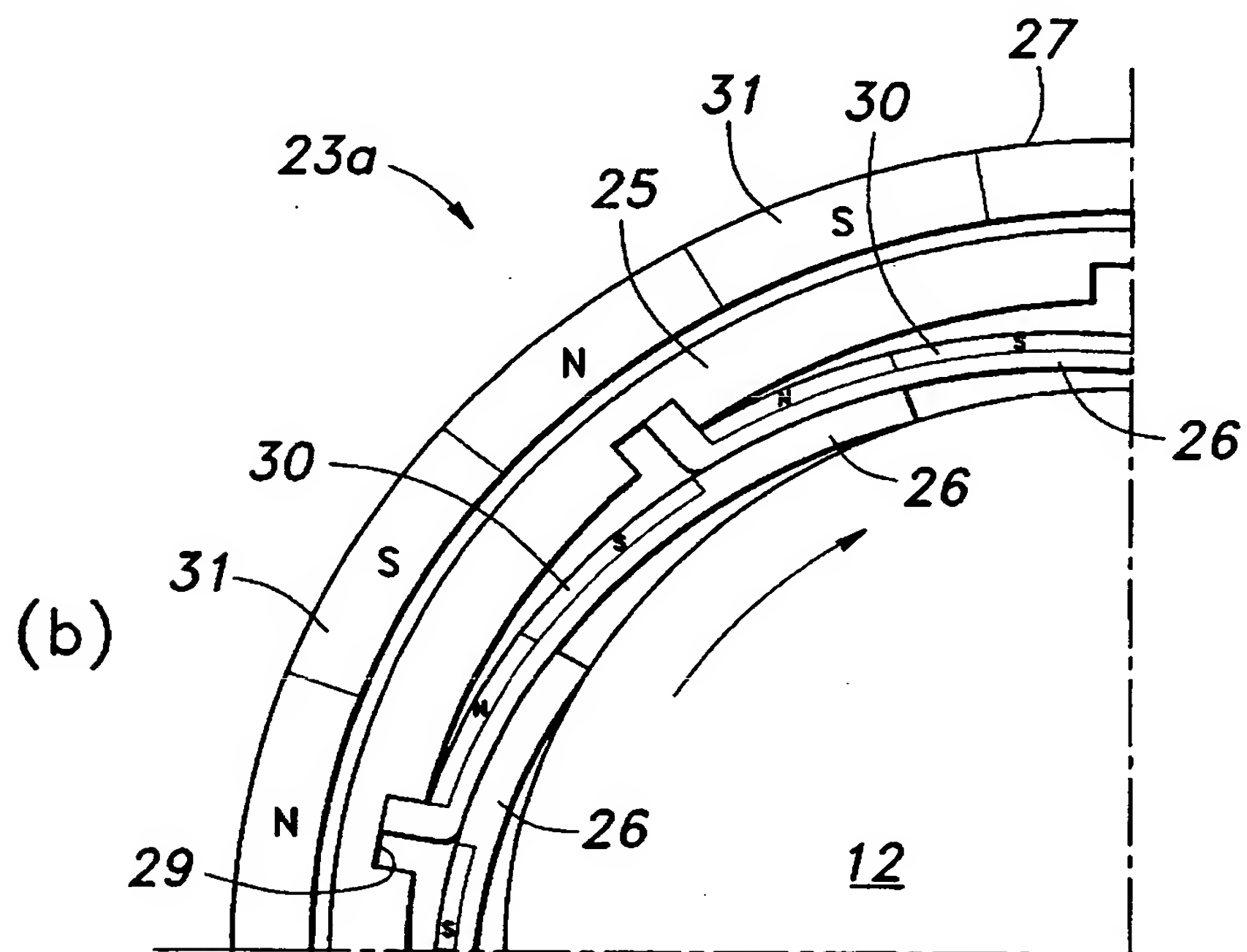
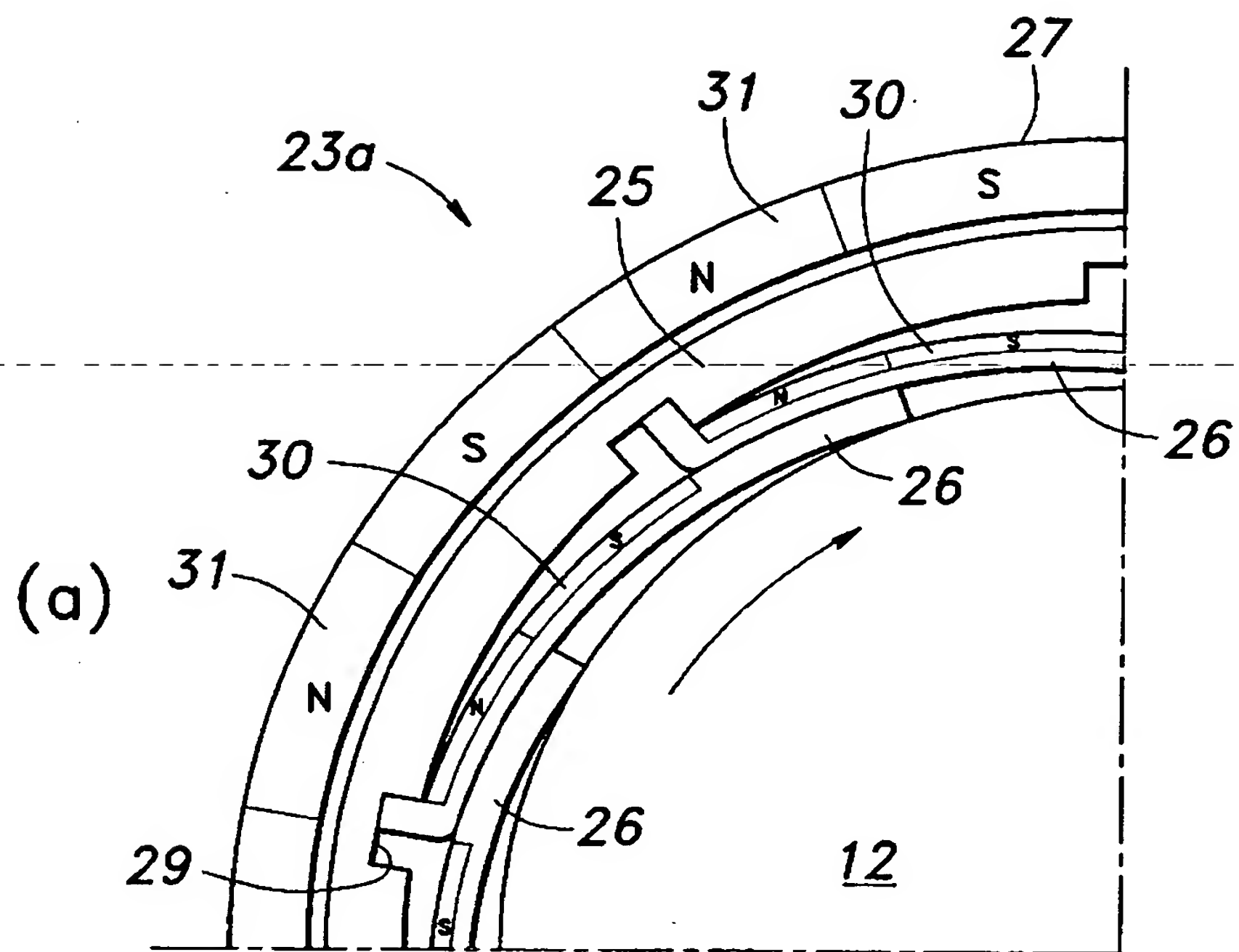
【図 3】



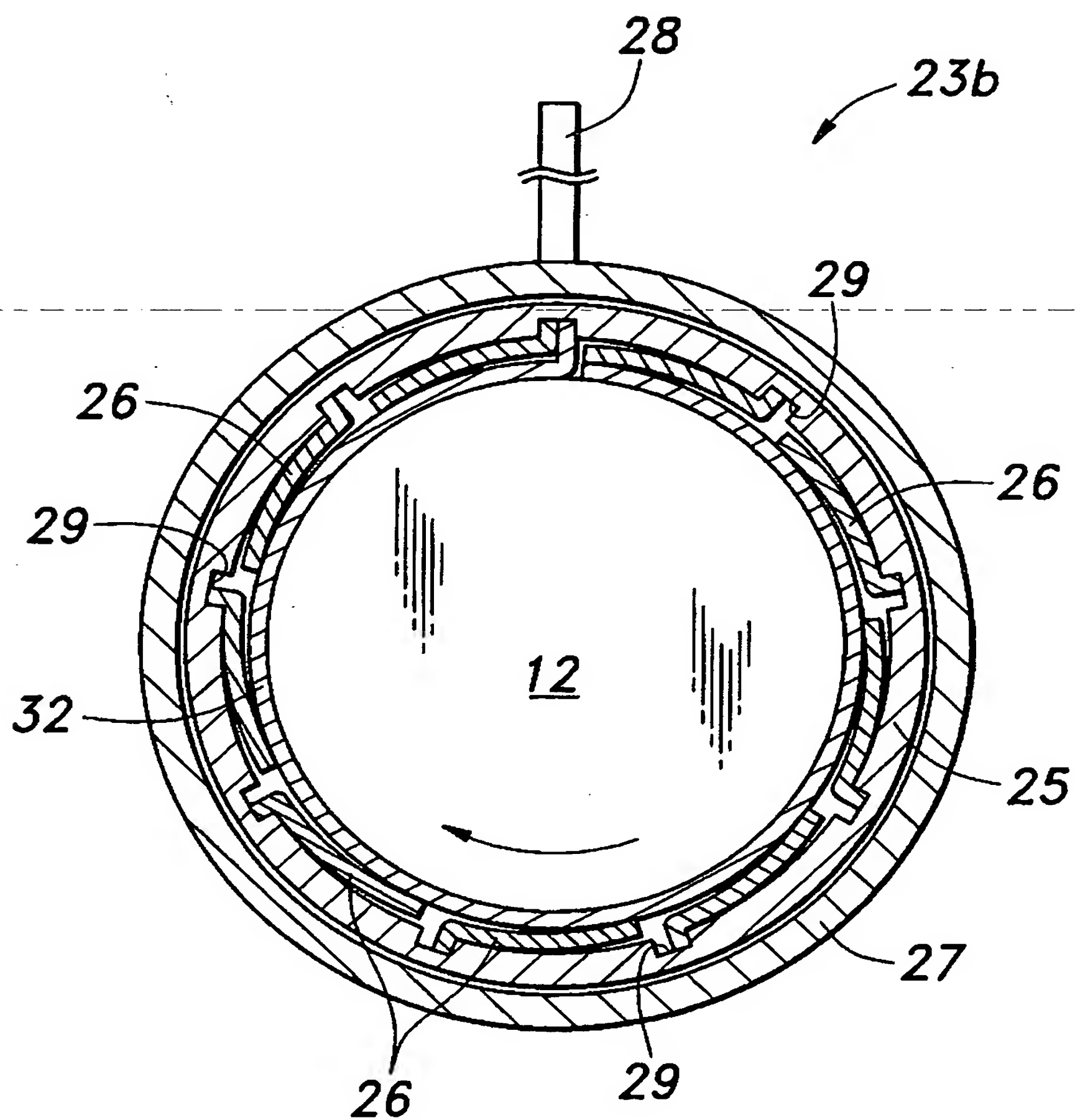
【図 4】



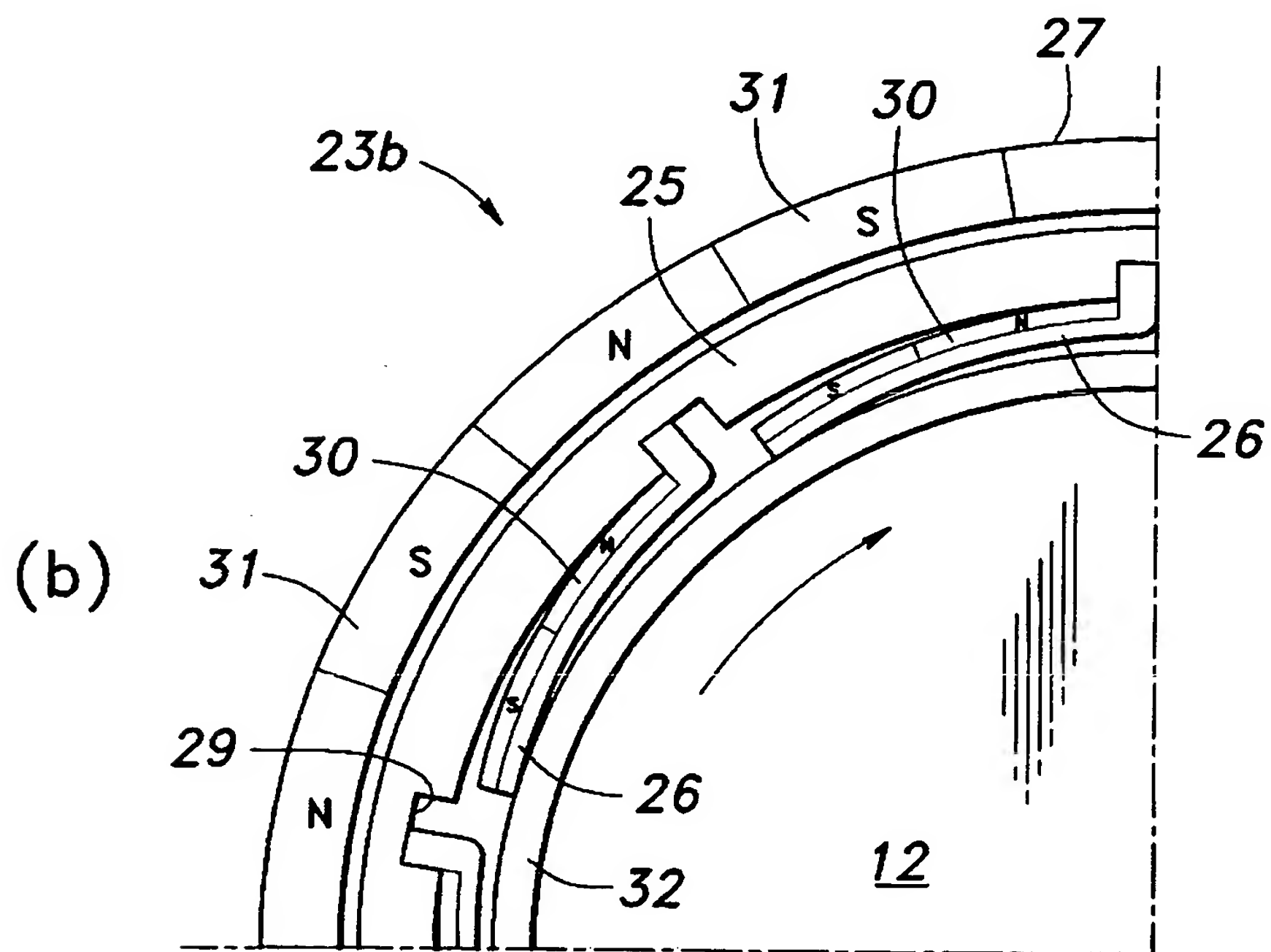
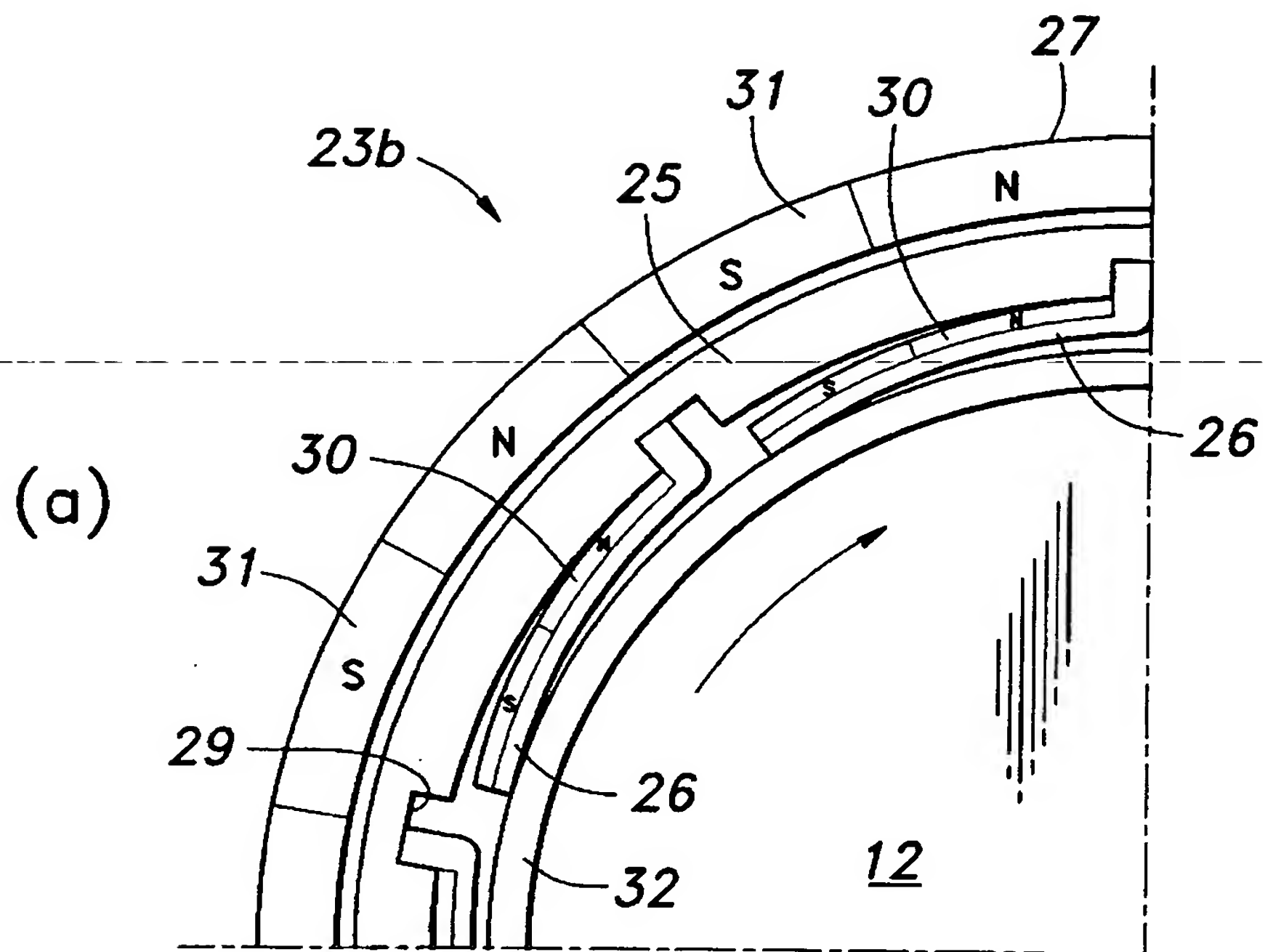
【図 5】



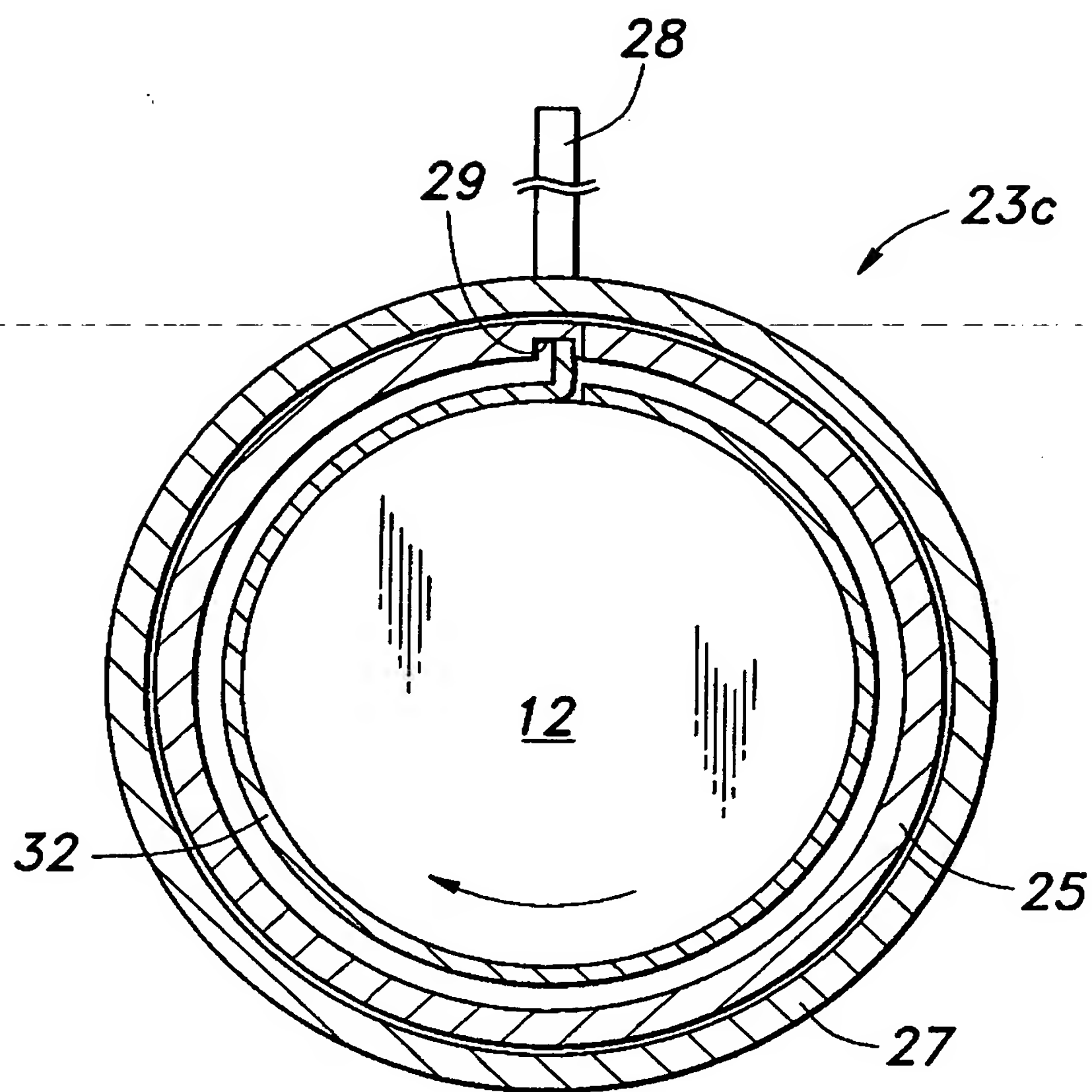
【図 6】



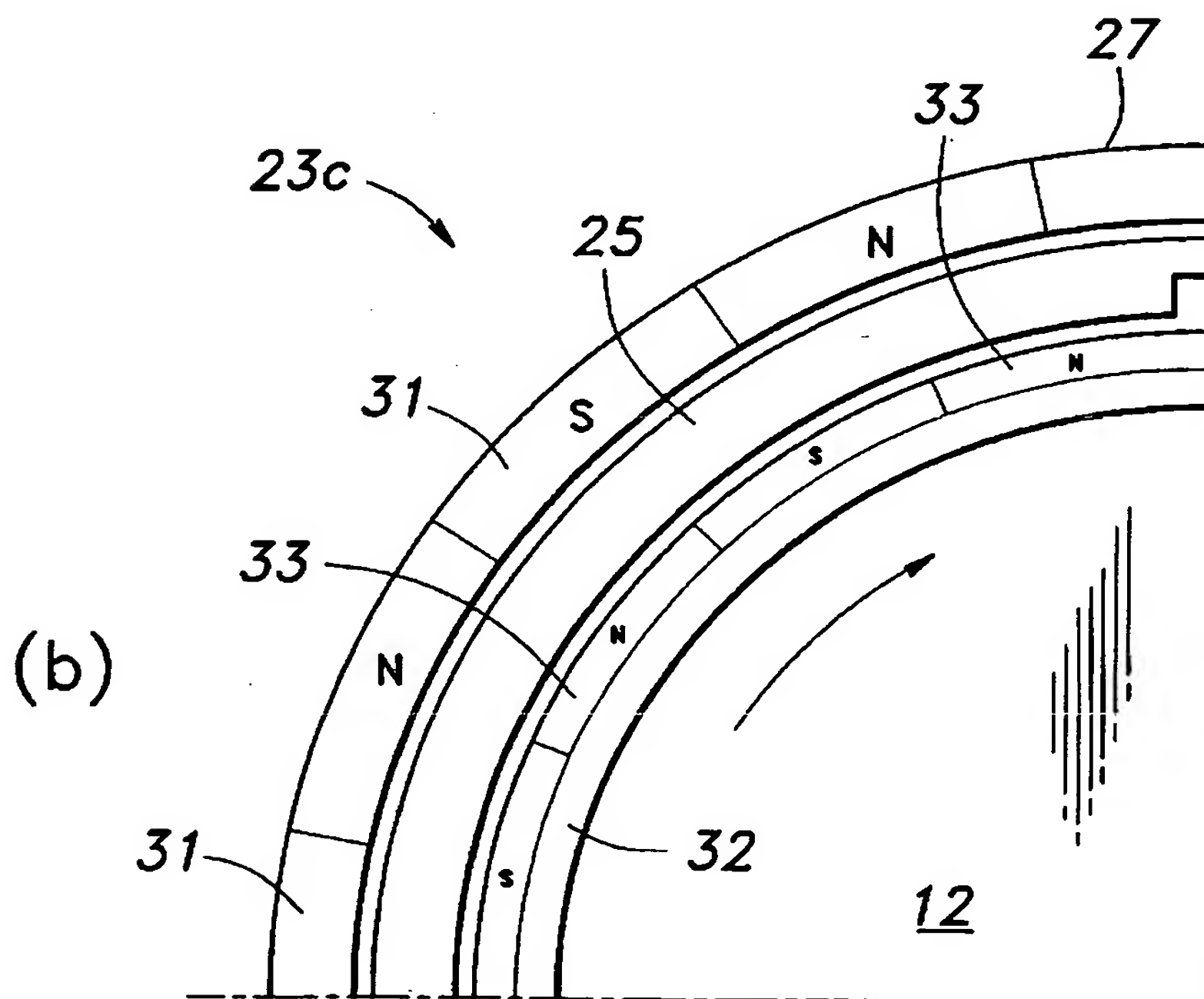
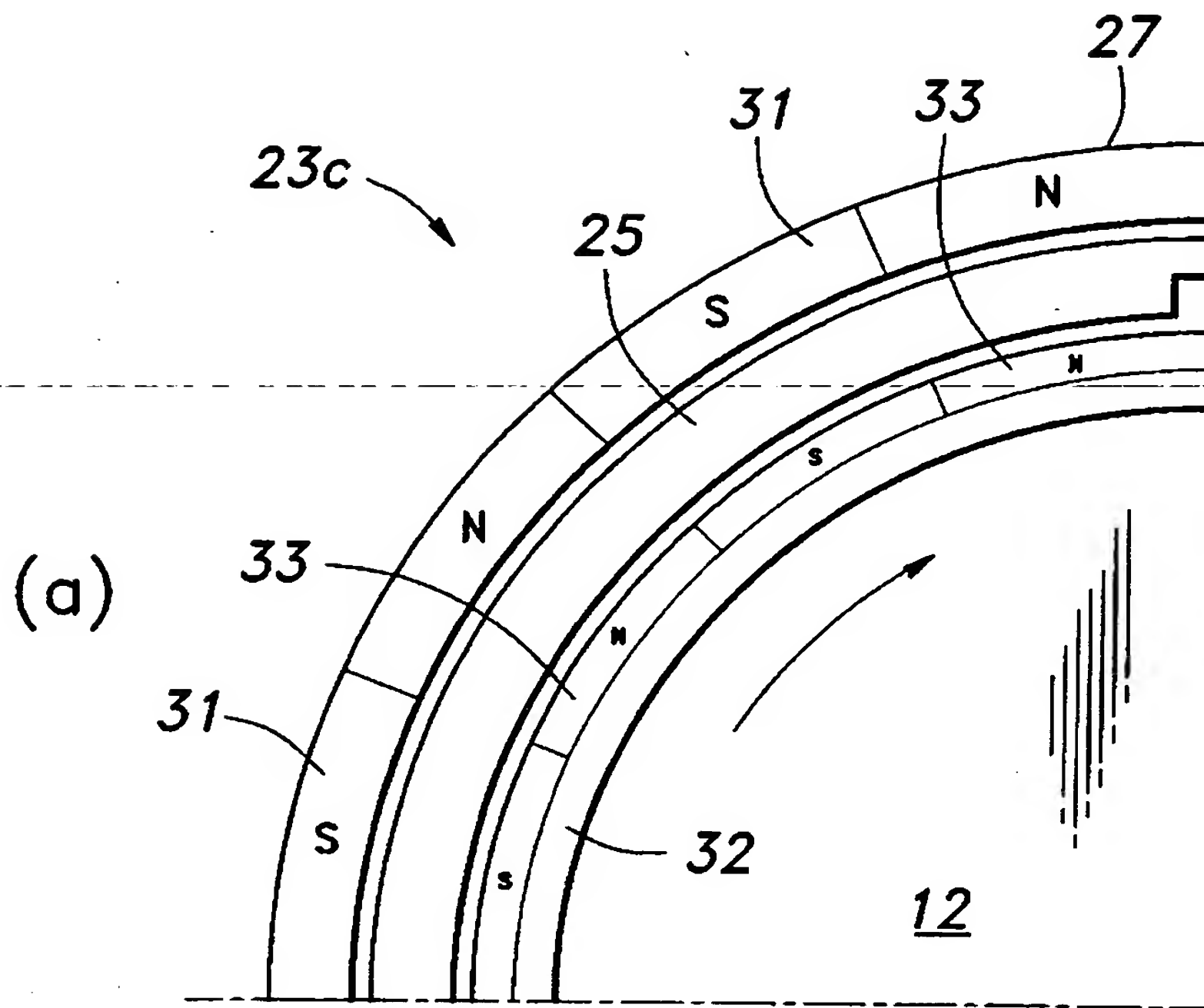
【図 7】



【図 8】

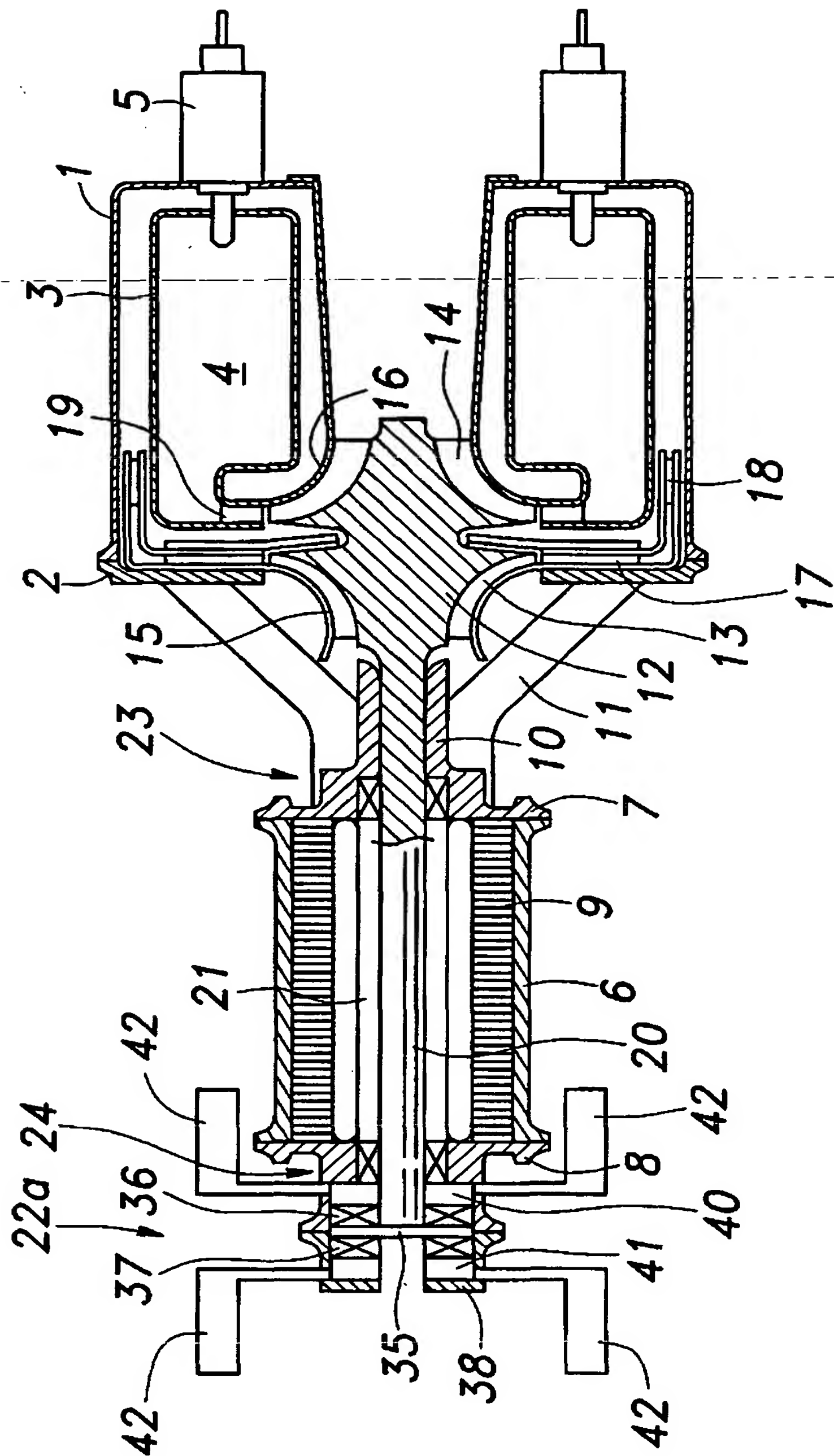


【図 9】

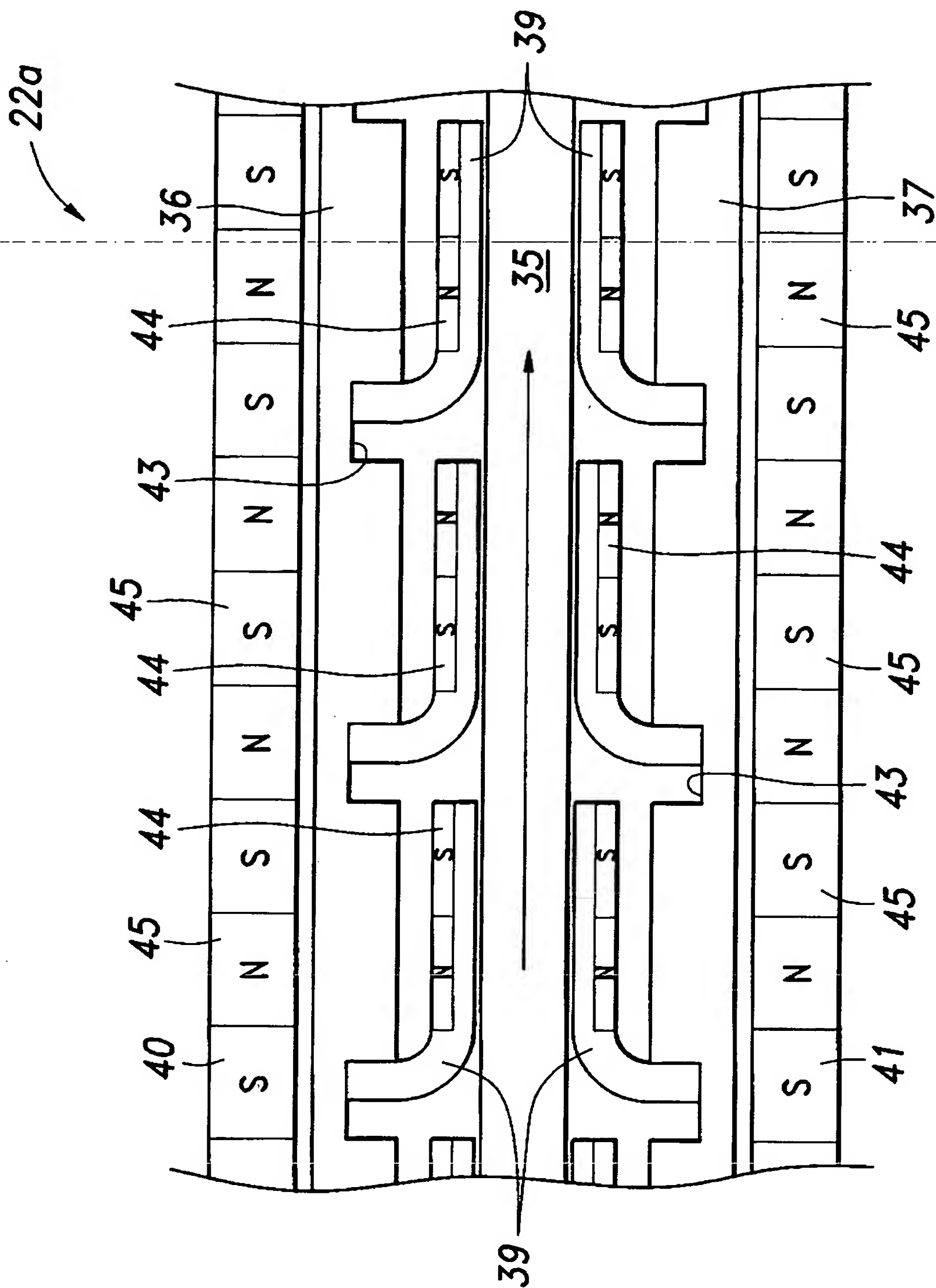




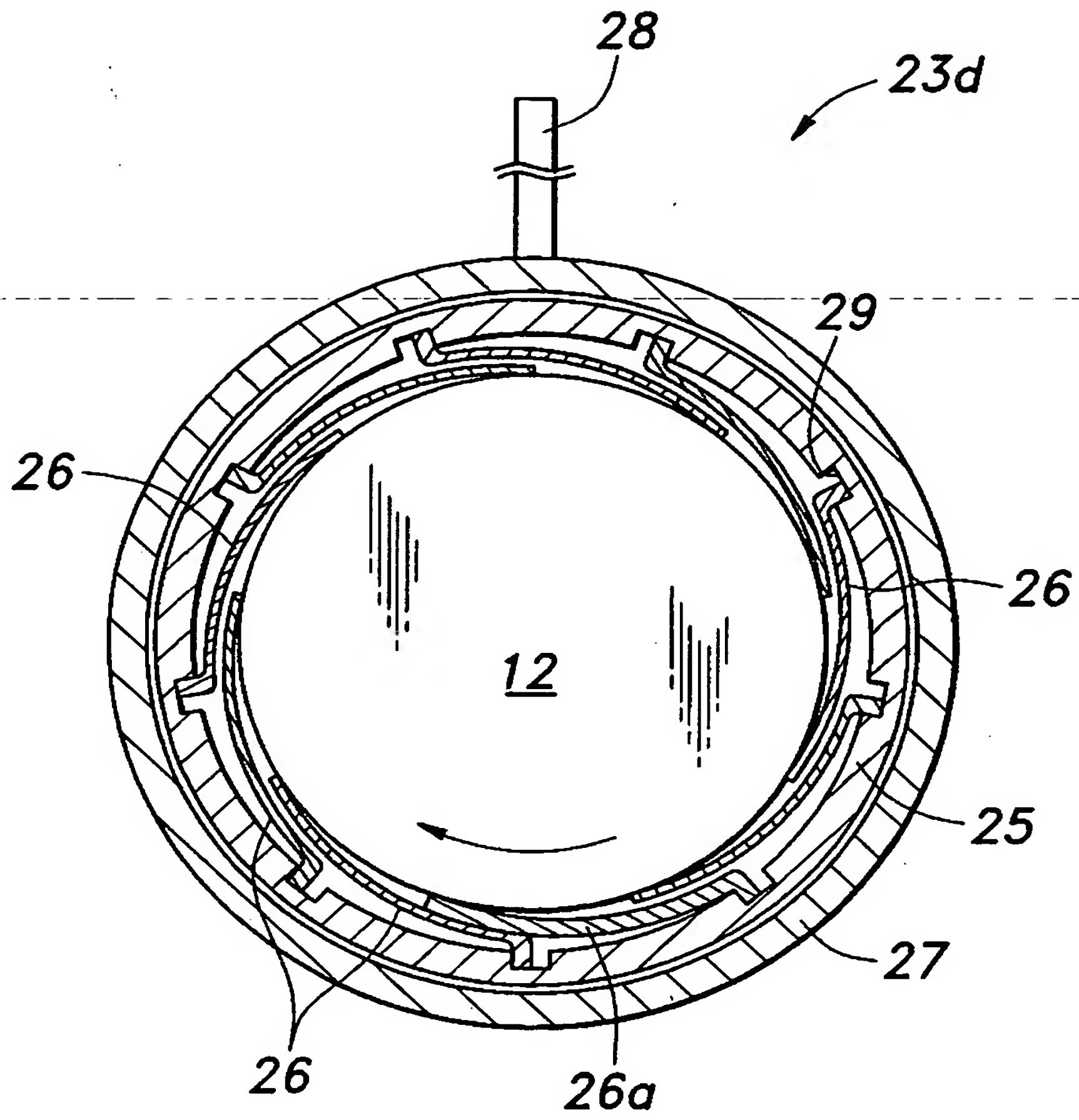
【図10】



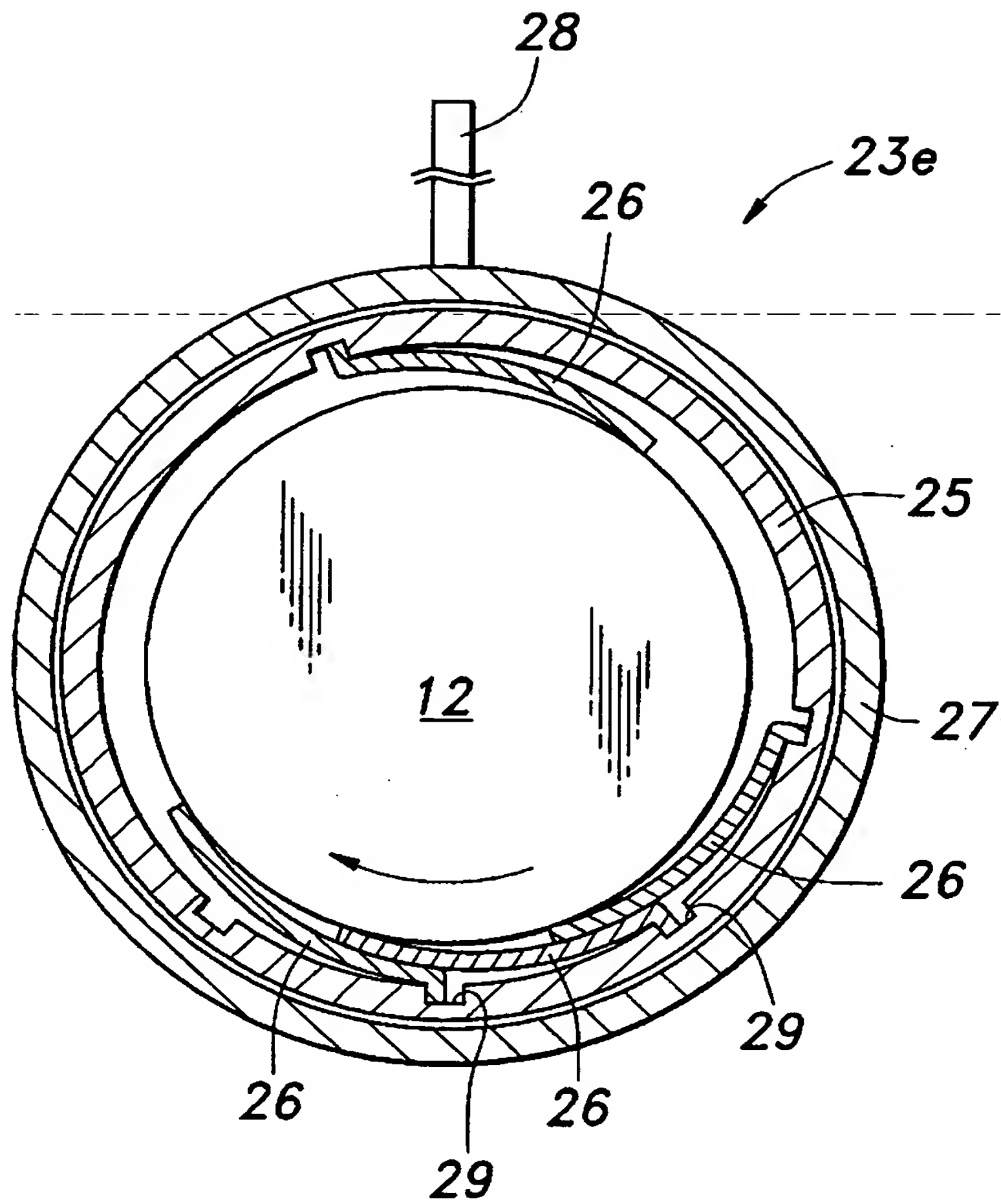
【図 11】



【図 1 2】



【図 1 3】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 低速／高速回転域の両方において回転体の安定した回転を実現するべくフォイルの剛性を調節可能で、且つ、フォイルの一部に過大な負荷がかかるのを避けることが可能なフォイル軸受けを提供する。

【解決手段】 回転体（１２）と静止保持部材（２５）との間の空隙にフォイル（２６）を設けたフォイル軸受け（２３）において、フォイルの周方向延在部分と、静止保持部材に対して回転可能に設けられた可動部材（２７）とに磁石（３０、３１）を設け、これら磁石の間の磁力によってフォイルを回転体へ向けて付勢することを可能とする。可動部材を回転させフォイルと可動部材の間の周方向相対位置を変えることでこれらに設けた磁石の間に働く磁力の大きさを調整することができる。

【選択図】 図３

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 { 0 0 0 0 0 5 3 2 6 }

---

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 9 月 6 日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都港区南青山二丁目 1 番 1 号
氏 名	本田技研工業株式会社